

По сравнению с альтернативными технологиями сопоставимых размеров (от 0,4 до 2 МВт производства электрической энергии), Turboden ORC обладает следующими преимуществами:

- отсутствие высокого давления пара генератора в котле (в тепловых котлах масло нагревает жидкость, без изменения фаз);
- непрерывная и автоматическая работа котла и турбогенератора;
- низкие эксплуатационные расходы на техническое обслуживание;
- длительный срок службы компонентов;
- ясный и простой интерфейс между котлом и Turbo ORC-генератором;
- простое управление;
- не требуется постоянное присутствие лицензированного оператора;
- высокая эффективность турбины (до 90 %);
- высокая эффективность при частичной нагрузке;
- низкая частота вращения турбины, позволяющая подключать электрогенератор прямым приводом без редуктора;
- низкие механические напряжения турбины из-за низкой скорости периферии;
- нет эрозии лопастей, благодаря отсутствию влаги в парах соплами;
- нет необходимости в системе водоподготовки;
- простая процедура запуска;
- длительный срок работы оборудования (более 20 лет).

Благодаря этим преимуществам, электростанции Turboden на основе технологии ORC быстро распространяются по всему миру.

Биомасса является доступным почти везде и чрезвычайно важным возобновляемым источником энергии. Она может храниться в течение длительного времени. Наилучшим способом биомасса используется при комбинированном производстве тепла и электроэнергии. В частности, получение максимального энергетического эффекта достигается в небольших энергосистемах (от нескольких сотен кВт до одного или двух МВт электрической мощности), построенных вблизи потребителя тепла.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЭРОБНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИИ «ВОДОКАНАЛ»**

*Логиновских Л.А., Иванцова М.Н., Селезнева И.С.  
УрФУ, i.s.selezneva@ustu.ru*

Быстрое развитие народного хозяйства требует все большего количества различных природных ресурсов, среди которых наиболее широко используется пресная вода. В развитых странах норма водопотребления достигает 1 м<sup>3</sup>/сут на 1 человека, а общий расход потребляемой воды и соответственно сточных вод приближается к стоку рек и даже нередко превышает его.

Жизнедеятельность современного города невозможна без бесперебойного функционирования систем сбора и очистки хозяйственно-бытовых сточных

вод. Однако на сегодняшний день почти повсеместно в России наблюдается высокий износ систем и сетей канализации. Решить подобные проблемы можно только комплексным методом, включающим в себя не только внедрение новейших разработок в области технологии очистки сточных вод, но также и сокращение энергозатрат, выбор наиболее оптимального и менее затратного способа реконструкции.

Основную функцию в процессах очистки сточных вод от органических и биогенных загрязнений выполняют искусственные биологические сооружения, в большей степени аэротенки различных технологических и конструктивных решений, оборудованные разнообразными системами аэрации. Согласно экспертным оценкам, от 60 до 90 % энергозатрат очистных станций обусловлено расходами электроэнергии на работу воздуходувок для аэрации иловой смеси в аэротенках.

На предприятии ППМУП «Водоканал» г. Первоуральска для подачи воздуха в аэротенк используются среднепузырчатые аэраторы, состоящие из перфорированной трубы. Основным их недостатком является то, что при снятии давления воздуха в эти элементы аэрации заходит сточная вода, забивая поры при следующей подаче давления. Затем биомасса начинает размножаться, полностью забивая поры. Элемент аэрации теряет до 70 % своей эффективности. Срок службы таких элементов аэрации составляет не более 3-5 лет, и это с ежегодными прочистками и дорогостоящими ремонтами. Данная система подвержена засорению, биоизрастанию, что влечет за собой неравномерность в аэрации и, как следствие, к кислородному голоданию активного ила. Все это негативно сказывается на очистке сточных вод. Помимо этого, аэрация сточных вод в сооружениях биологической очистки с применением перфорированных труб требует больших затрат электроэнергии, составляющих до 60 % общих затрат на электроэнергию.

В настоящей работе предлагается использование трубчатых мелкопузырчатых аэраторов мембранного типа – «ФОРТЕКС АМЕ – Т 370». Данные аэраторы обеспечат более эффективную очистку сточных вод при уменьшении затрат на электроэнергию за счет снижения аэрации, уменьшая мощность воздуходувки (воздуходувка ТВ-600-1,1 мощностью  $M = 150$  кВт). Сборка системы аэрации проводится простым свинчиванием аэраторов между собой и последующей фиксацией, что позволяет произвести реконструкцию системы аэрации в предельно короткие сроки.

Преимуществом данных аэрационных элементов является: высокая окислительная мощность; высокая доля (20 %) используемого кислорода из подаваемого воздуха; простая конструкция элементов; возможность простой и быстрой замены мембраны или целого элемента; высокая устойчивость к засорению; уменьшение потребления электроэнергии за счет снижения мощности воздуходувки. Поэтому внедрение нового класса энергосберегающих мембранных аэраторов следует концепции энергосбережения.

Количество израсходованной электроэнергии на аэрацию иловой смеси в базовом 2012 г. составило 4 279,2 тыс. кВт·ч. В результате применения новых мелкопузырчатых мембранных аэраторов увеличивается концентрация раство-

ренного кислорода в воде, следовательно, можно снизить аэрацию иловой смеси, за счет уменьшения мощности воздуходувки с использованием частотного регулятора.

Проведен расчет планируемого потребления электроэнергии в проектном году, которое потребуется для обеспечения работы мембранных аэраторов «ФОРТЕКС АМЕ–Т 370»:

$$P_{\text{фор}} = (M \cdot n \cdot T_{\text{раб}}) / (\eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{сети}}), [1];$$

где  $M$  – мощность воздуходувки ТВ-500-1,08М-В1,  $M = 70$  кВт; частотный преобразователь DANFOSS VLT HVAC DRIVE FC 100;  $n$  – количество работающих воздуходувок,  $n = 3$ ;  $T_{\text{раб}}$  – время работы оборудования, ч,  $T_{\text{раб}} = 8760$  ч;  $\eta_{\text{дв}}$  – КПД двигателя,  $\eta_{\text{дв}} = 0,94$  [1];  $\eta_{\text{сети}}$  – КПД электросети,  $\eta_{\text{сети}} = 0,98$ , [1];  $P_{\text{тр}} = 70 \cdot 3 \cdot 8760 / (0,94 \cdot 0,98) = 1\,996\,960,49$  кВт·ч.

Показатели расхода электроэнергии в базовом году и расчетное потребление электроэнергии в проектном году представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Общее потребление электроэнергии ППМУП «Водоканал» г. Первоуральска

Энергоноситель	Единица измерения	Потребленное количество в базовом году	Проектное потребление
Электроэнергия	кВт·ч	4 279 201,04	1 996 960,49

Показатели работы ППМУП «Водоканал» приведены в табл. 2 (в соответствии с ГОСТ Р 51379–99 [2]).

Таблица 2

Показатели работы предприятия ППМУП «Водоканал» г. Первоуральска

Поз.	Показатель	Единица измерения	Базовый год	Проектный год
1	Объем производства очищенной сточной воды	тыс. руб.	99 973,500	94 975,393
2	Производство очищенной сточной воды	м <sup>3</sup> /год	30 295 000	30 295 000
3	Потребление энергоресурсов	т у.т. тыс. руб.	525,7 9 371,450	245,3 4 373,343
4	Энергоемкость производства очищенной сточной воды	т у.т./ тыс. руб.	0,005258	0,002583
5	Доля платы за энергоресурсы в стоимости произведенной очищенной сточной воды	-	0,0937	0,0321

Таким образом, за счет внедрения мембранных трубчатых аэраторов энергоёмкость производства очищенной сточной воды уменьшится на величину:

$$0,005258 - 0,002583 = 0,002675 \text{ т у.т./тыс. руб.},$$

что составляет 50,87 %. При этом эффект в снижении потребления электроэнергии составит:  $525,7 - 245,3 = 280,4$  т у.т./год.

Рассчитаны капитальные затраты ( $Z_m$ ) на модернизацию аэрационной системы и приведены в табл. 3:

Таблица 3

Смета капитальных затрат на модернизацию аэрационной системы

Наименование затрат	Сумма, тыс. руб.
Стоимость нового оборудования	3 632,04
Затраты на доставку; 10 % от стоимости нового оборудования	363,20
Затраты на монтаж нового оборудования	40,320
Итого для расчёта стоимости основных фондов	4 035,36
Затраты на демонтаж выбывающего оборудования	12,09
Неучтённые затраты; 10 %	403,54
Итого для финансирования и оценки экономической целесообразности	4 450,99

Остаточная стоимость выбывающих аэраторов равна [3]:

$$O = \Phi_{\text{выб.об.}} \cdot \left(1 - \frac{N_a T_{\phi}}{100}\right),$$

где  $\Phi_{\text{выб.об.}}$  – балансовая стоимость оборудования по данным предприятия, тыс. руб.,  $\Phi_{\text{выб.об.}} = 1200,00$  тыс. руб.;  $N_a$  – норма амортизации по данным предприятия, %,  $N_a = 10$  % (срок службы мембранных аэраторов 5 лет);  $T_{\phi}$  – фактический срок службы мембранных аэраторов,  $T_{\phi} = 5$  лет [3].

$$O = 1200,0 \cdot \left(1 - \frac{10 \cdot 5}{100}\right) = 600,0 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, материальные затраты на реконструкцию могут быть снижены и составят:

$$Z_m = 4\,450\,996 - 600\,000 = 3\,850\,996 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости ( $T_{ок}$ ) вложенных инвестиций составит при этом 0,85 года.

Относительный эффект в денежной форме ( $\mathcal{E}_{уд}$ ) равен 1,18 руб./руб., т.е. данное энергосберегающее мероприятие обеспечивает среднюю по своему значению эффективность.

Таким образом, рассмотренное энергосберегающее мероприятие по замене среднепузырчатой аэрационной системы, состоящей из перфорированной трубы, на мембранную мелкопузырчатую, является средnezатратным. Срок окупаемости составляет около 1 года. Предлагаемая замена морально и физически устаревших среднепузырчатых аэраторов, на новые мелкопузырчатые мембранные, даст существенный энергосберегающий эффект в денежном выражении 4 998,11 тыс. руб./год.

#### Библиографический список

1. Постоянный технологический регламент процесса очистки сточных вод хозяйственной канализации на участке ППМУП «Водоканал» г. Первоуральска. Первоуральск, 2012. 31 с.
2. ГОСТ Р 51379–99. Энергосбережение. Энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов. Основные положения. Типовые формы.
3. Оценка эффективности инвестиционных проектов: учебно-методическое пособие по курсу «Экономика предприятия» / сост. Л.М. Теслюк. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2007. 80 с.